



**KUNGL
TEKNISKA
HÖGSKOLAN**

Royal Institute of Technology
Dep. of Infrastructure and Planning
Traffic and Transport Planning Div.

Stina Rosenlind, fil kand

RAILWAY GROUP KTH

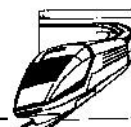
**Centre for Research and Education
in Railway Engineering**

En model til analyse af forskellige trafikeringsstrategier

25 augusti 1997 / session 5

Innehåll

- 1 Inledning**
- 2 Bakgrund**
- 3 Syfte**
- 4 Modellstruktur**
- 5 Delmodeller**
- 6 Exempel på möjliga analyser**
- 7 Utvecklingsmöjligheter**



1 Inledning

Projektet ”Trafikeringsprinciper för olika tågmarknader” påbörjades hösten 1994. Syftet med projektet är att ta fram en modell som beskriver hur olika trafikeringsstrategier påverkar efterfrågan på tågresor och på fördelningen av resenärerna på olika avgångar och därmed kapacitetsutnyttjandet. I trafikeringsstrategierna ingår såväl restider som turtäthet, när i tiden avgångarna ligger, prissättning av de olika avgångarna och tågens komfort- och servicenivå. Det är således ett komplext problem som skall lösas som kräver metodutveckling, nya empiriska data och ett idogt arbete för att lösas.

Det som presenteras under trafikdagarna är en sammanfattning av delrapporten ”Tågtrafikering för olika delmarknader - En modell för analys av kostnader och intäkter för olika tågkoncept” som beskriver det hittillsvarande arbetet och modellens principiella uppbyggnad. Avsikten är att projektet skall fortsätta i drygt två år till och att modellen ska vidareutvecklas, kalibreras och verifieras.

Projektet ingår numera som en del i projektet ”Effektiva tågssystem” inom Järnvägsgruppen vid avdelningen för trafik- och transportplanering på Tekniska Högskolan i Stockholm.

2 Bakgrund

Med anledning av Riksdagens beslut 1993¹ att investera 40 miljarder kr i järnvägsutbyggnad under en tioårsperiod pågår just nu i Sverige både upprustning av befintliga banor och nybyggnation av banor. Den kraftiga utbyggnad som väntas de närmaste 10-20 åren kommer att innebära en ny situation för tågtrafiken då de nya banorna efterhand kan tas i bruk. Betydligt kortare restider kommer att vara möjliga åtminstone på huvudstråken. För att dra full nytta av de gjorda investeringarna behöver även tågtrafikeringen ses över så att den blir till nytta för tågresenärerna. En central fråga för järnvägstrafiken är vad som är lämpligt utbud i form av turtäthet, restid, service och kapacitet vid olika förutsättningar beträffande trafikantunderlag och typ av trafik. Studier av trafikeringsprinciper för tågtrafiken har gjorts mycket sparsamt hittills och sällan med ett samhällsekonomiskt synsätt. Det övergripande trafikpolitiska målet i Sverige är att erbjuda en tillfredsställande, säker och miljövänlig trafikförsörjning till lägsta samhällskostnad. Om detta mål skall kunna uppfyllas inom järnvägstrafiken måste modeller för jämförelse mellan trafikeringsprinciper tas fram. Sådana modeller skall kunna användas vid planering av framtida tågtrafik av planerare (samhällsekonomi) och vid den dagliga driftplaneringen av tågtrafiken av operatörer (företagsekonomi).

¹ Riksdagen beslutade våren 1993 (prop. 1992/93:176, bet. 1992/93:TU35, rskr. 1992/93:446) om en omfattande höjning av investeringsnivån i järnvägssystemet under den påföljande tioårsperioden (åren 1994-2003).

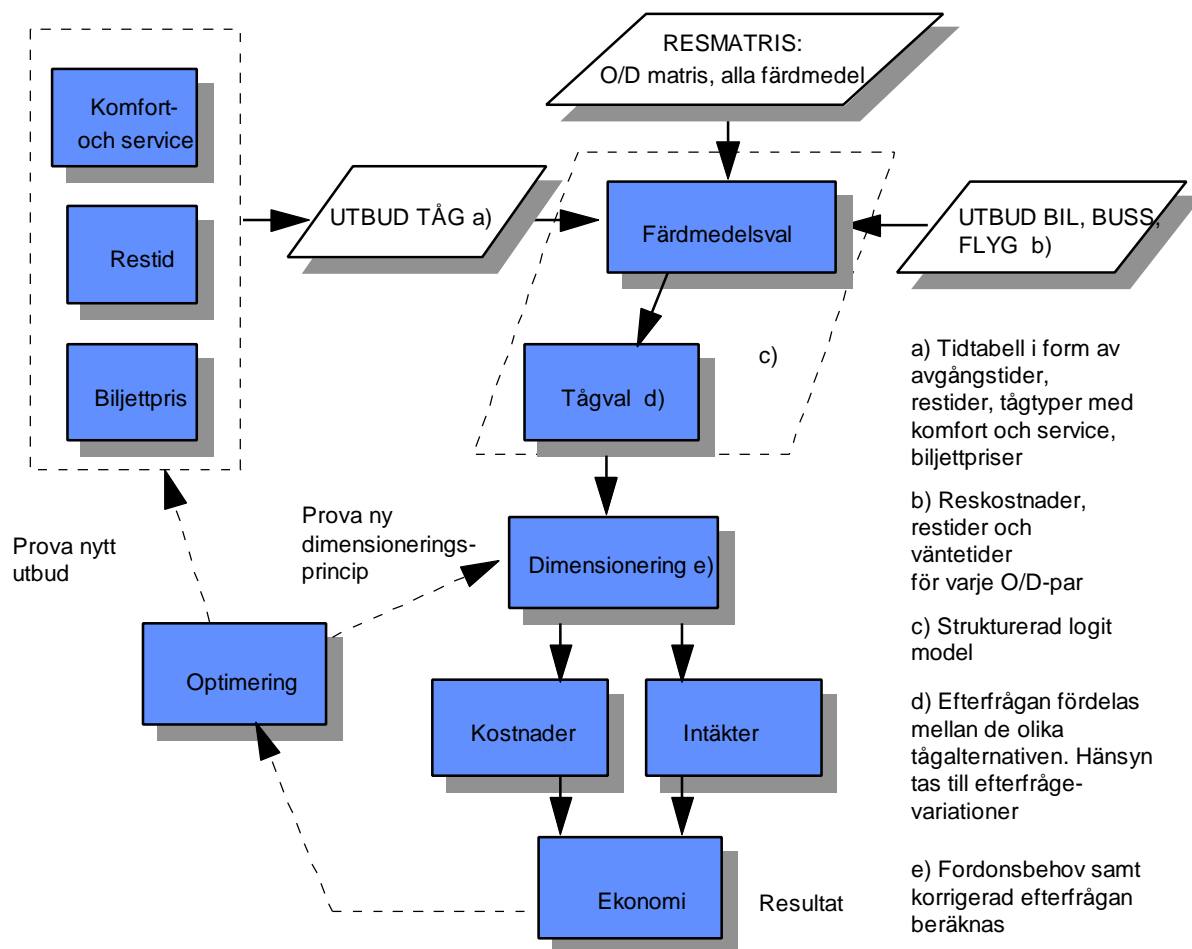
3 Syfte

Ett av huvudsyftena i projektet är studera olika sätt att höja kapacitetsutnyttjandet för tågtrafiken. För detta ändamål bl a har en modell som trafikplaneraren eller tågoperatören ska kunna använda för att utvärdera olika trafiklösningar utvecklats. Modellen skall kunna användas för att optimera tågutbudet utifrån både samhällsekonomisk och företagsekonomisk utgångspunkt för en separat tåglinje. Många nya typer av analyser av intresse för den strategiska och taktiska planeringen är möjliga. Modellen tar särskild hänsyn till hur efterfrågan varierar och är i första hand en **L**Injeoptimerings**M**odell med särskild hänsyn till **E**fterfrågevariationer och har därför fått arbetsnamnet **LIME**. En begränsning i LIME-modellen är att näteffekter t ex genom att samverkan och konkurrens mellan olika banor ej beaktas. I stället är syftet att öka detaljrikedomen i tågutbudet vad avser fordon, inredningskomfort, ombordservice, tidtabell osv. vilket behöver beaktas för att optimera tågutbudet. I ett senare utvecklingsskede ska även konsekvenserna av konkurrensen mellan olika tåglinjer beaktas.

4 Modellstruktur

Figuren på nästa sida illustrerar principiellt hur modellen för analys av olika tågtrafikkoncept är uppbyggd. Utgångspunkten är totala resefterfrågan på den aktuella marknaden bestående av bil-, buss-, tåg- och flygresor. Beroende på vilket utbud i form av trafikering (tidtabell, restider, byten), taxestruktur och fordonsegenskaper som erbjuds kommer en del av de potentiella resenärerna att välja att resa med tåg.

LIME arbetar i två steg. I det första steget beräknas efterfrågan på tågresor utifrån ett givet utbud. Utbudet är definierat i form av en tidtabell. I det andra steget beräknas först fordonsbehovet utifrån olika dimensioneringskriterier och därefter beräknas lönsamheten. Det första steget består av 5 delmodeller; Färdmedelsvalsmodell, Tågvalsmodell, Restidsmodell, Biljettprismodell, Komfort- och servicemodell, och det andra steget består av 4 delmodeller; Dimensioneringsmodell, Kostnadsmodell, Ekonomimodell och Optimerings-modell.

MODELLSTRUKTUR

5 Delmodeller

Färdmedelsval

Resenärerna fördelas mellan de olika färdssätten mha en *färdmedelsvalsmodell* som tar hänsyn till hur väl färdssätten överensstämmer med resenärernas önskemål. Färdmedelsvalsmodellen i LIME utgår ifrån den prognosmodell av logittyp som används vid den statliga infrastrukturplaneringen² i Sverige, Intercitymodellen. Modellen beaktar bl.a. reskostnad, restid, väntetid och anslutningsavstånd i start- och målpunkt.

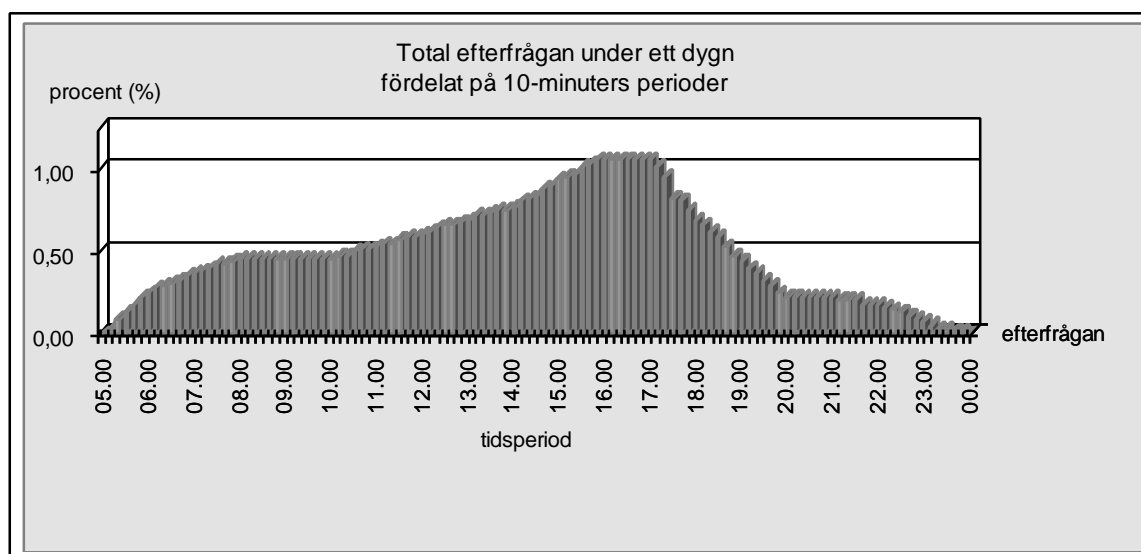
² Algers, Staffan (1995). Inskalning av tidsvärden i IC-modellerna. Slutrapport. Transek, mars 1995 (rev. 951120).

Indata till färdmedelsvalsmodellen är en fix resmatris över det totala resandet mellan de relationer som existerar på den linje som studeras. Bil, buss och flyg beskrivs enligt den ovan beskrivna Intercitymodellen och resenärerna fördelar sig sedan på dessa färdmedel efter hur attraktiva dom är.

Tågvalsmodell

Valet mellan olika tågalternativ sker i *tågvalsmodellen*, och är placerat en nivå nedanför färdmedelsvalet i logitstrukturen. Hur trafikanterna i praktiken kommer att fördela sig mellan de olika tågalternativen beror förutom av tågens egenskaper i form av pris, restid och komfort- och servicenivå (beskrivs nedan) även av vilka avgångs- och ankomsttider resenärerna önskar med hänsyn till de ärenden och tidsrestriktioner de har på start- och målpunkterna. Önskade restidpunkter kan erhållas från bl.a. trafikräkningar och resvaneundersökningar. Vid tät trafik kan man utgå från befintligt resmönster. Ett exempel på dygnsfördelning för intercitytrafik ges av följande bild. Av bilden framgår den typiska puckeln under eftermiddagen, som skiljer interregional trafik från regional trafik.

Resandevariationer under dygnet för interregional trafik.



Undersökningar rörande tidsanpassningen vid tågresor är sällsynta. För biltrafik har dock undersökningar förekommit t.ex. i samband med utredningar av tidsdifferentieringar för vägtullar i Stockholmsregionen³. Även för flygresor har modeller utvecklats, men

³ Transek; Underlag till "Beräknade intäkter av vägavgifter i Stockholmsregionen", Transek 1993.

parametervärdena är ej tillgängliga⁴. Inom ramen för detta projekt har en särskild intervjuundersökning (SP-studie) gjorts för att ta reda på betalningsviljan för bättre anpassade avgångstider för tågen till efterfrågan. Analysen av svaren är ej avslutad men resultaten kommer slutligen att användas i modellen.

Restidsmodell

Ett urval av 10 tågkoncept har gjorts som representerar befintliga tåg i Sverige, utländska tåg och intressanta framtida tågkoncept. Dessa är följande:

Tågkoncept:	X12	IC3	IR4	IC	X2	X2-2	HSE	IR	IC225	Talgo
Land:	S	DK	DK	S	S	S	-	S	GB	E

Utgående från tågkoncept, banans linjeföring och behov av uppehåll vid stationer beräknas resans varaktighet i *restidsmodellen*. För närvarande tar restidsmodellen endast hänsyn till resp fordonstyps maximala körhastighet (STH). Restidsmodellen beräknar således endast resenärens restid ombord på tåget. Medelreshastigheten har antagits till:

- 65% av STH för snabbtåg med aktiv lutning
- 62% av STH för snabbtåg med passiv lutning
- 60% av STH för alla andra tåg

Dessa värden har antagits med utgångspunkt från Ostkustbanan (Stockholm-Sundsvall) där modellen tillämpas under uppbyggnadsfasen. Medelreshastigheterna har satts så att de överensstämmer med de medelhastigheter som skall bli verklighet de kommande åren.

Biljettprismodell

En komplicerat förhållande råder mellan kontantbiljetter, periodkort och rabatter vid vissa tidpunkter. För närvarande används ett enkelt samband mellan trafiktyp och taxenivå:

- 0,77 kr/passagerarkm för snabbtåg
- 0,66 kr/passagerarkm för intercitytåg och multi-markettåg
- 0,55 kr/passagerarkm för regionaltåg

Uppgifter utgår från SJ normaltaxa (1995) med skattade rabatter. Så småningom ska det enkla sambandet ovan ersättas av en taxe-avstånds-formel. På sikt ska även en uppdelning på 1:a och 2:a klass ske. Justering även för andel (fördelat på reseavstånd) som utnyttjar rabatter. Ett

⁴ Algers, S. Beser, M; Pågående forskningsprojekt vid avd för Trafik- och transportplanering KTH i samarbete med SAS avseende resenärers val av biljetttyp och avgångstid.

ytterligare utvecklingssteg är att uppskatta en modell för val av biljettyp beroende på konkurrensen mellan kontantbiljetter, periodkort med hänsyn till taxenivåer och förekomsten av rabatter.

Komfort- och servicemodell

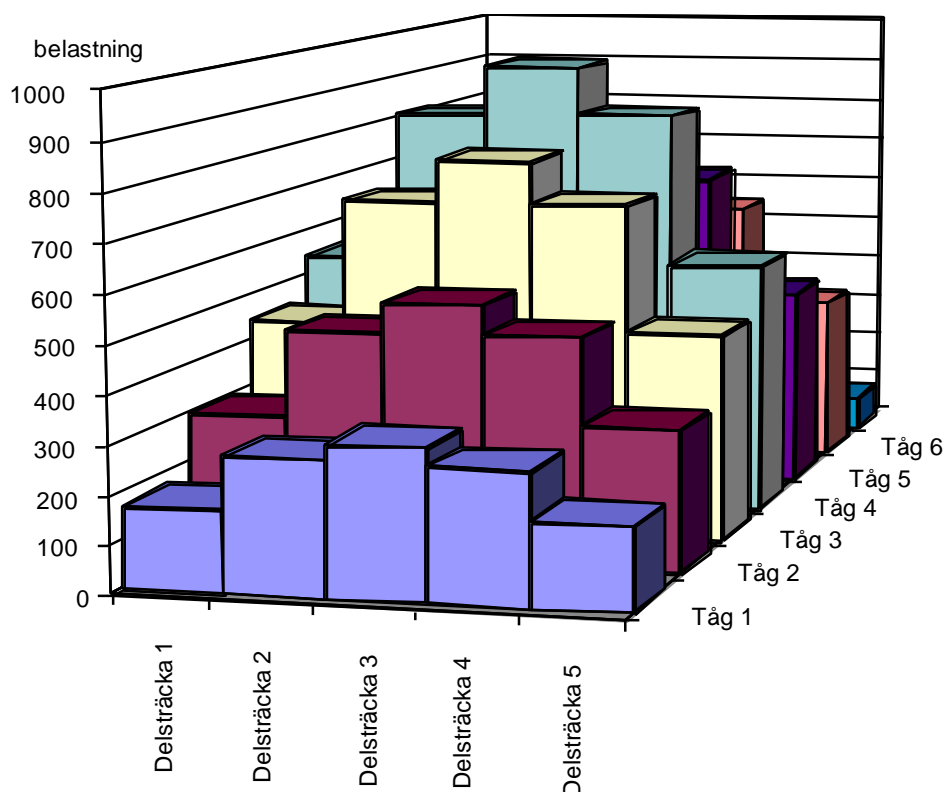
Komfort och service kan väljas fritt från fordonstyp. Ett och samma fordon (av de ovan angivna) kan inredas på skilda sätt för snabbtågs- resp regionalstågstrafik. I *komfort- och servicemodellen* beräknas hur detta påverkar utbudets attraktivitet och resenärens betalningsvilja. Servicen ombord kan också varieras mellan kaffeautomat, bistro, restaurangvagn, servering vid platsen osv. I nuvarande läget kan varje fordonstyp möbleras i 3 olika komfortnivåer och likaså utrustas med service av tre olika nivåer; låg, mellan och hög. Val av komfort- och servicenivå inverkar också på andra delmodeller. Val av en viss nivå påverkar t.ex. attraktiviteten för resenärerna i *Tågvalsmodellen* men också fasta och rörliga kostnader i *Kostnadsmodellen*. När komfortnivåerna låg och hög väljs förändras också sittplatskapaciteten vilket också har inflytande på *Dimensioneringsmodellen*. I figuren nedan visas hur betalningsviljor och kostnader förändras med de olika nivåerna samt vilka komponenter som ingår:

Komfort-nivå	Betalningsvilja (% av biljettpris)	Fast kostnadsförändring (kkkr/sittplats)	Platsantalsfaktor (1,00 = antal stolar i standarduppförande)	Komfortkomponenter
Låg	-10%	-6	1,25	Låg stolsnivå
Mellan	0%	0	1,00	Normal stolsnivå, fällbara ryggstöd, läsbelysning
Hög	20%	9	0,75	Hög stolsnivå, fällbara stöd, individuell läsbelysning, klimatanläggning

Service-nivå	Betalningsvilja (% av biljettpris)	Fast kostnadsförändring (Mkr/vagn)	Rörlig kostnadsförändring (kr/tåg)	Servicekomponenter
Låg	-20%	-2,5	-200	Ingen servering, låg kvalitet på WC och bagageutrymmen
Mellan	0%	0	0	Servering vid sittplats, normal kvalitet på WC och bagageutrymmen, lekutrymmen för barn
Hög	25%	6	400	Hög kvalitet på WC och bagageutrymmen, café/restaurangvagn, lekutrymmen, hörlursuttag vid sittplats, video och elektroniska informationsskyltar

Dimensioneringsmodell

Input till dimensioneringsmodellen är den odämpade efterfrågan för varje delsträcka och tåg som beräknats i *tågvalsmodellen* (se bild nedan). Bilden visar tydligt hur efterfrågan varierar under dagen och utmed linjen.



I dimensioneringsmodellen kan olika principer prövas för att beräkna fordonsbehov och korrigera belastningen. Val av dimensioneringsprincip har inverkan på *kostnads-* och *ekonomimodellen*. Om t.ex. en kraftig underdimensionering av trafiken vill prövas för att få en jämn och hög belastning minskar kostnader för fordon och drift i kostnadsmodellen samtidigt som den förlorade efterfrågan minskar intäkterna i ekonomimodellen.

Viktigt för dimensioneringen är sannolikheten att få sittplats och att komma med första tåg vid resandevariationer i förhållande till genomsnittsefterfrågan. Dessa sannolikhets-beräkningar utgör den mest komplicerade delen av dimensioneringsmodellen. I beräkningen tas även hänsyn till variationer mellan dagar och veckor.

Kostnader, ekonomi och optimering

I *kostnadsmodellen* beräknas kostnaderna för trafikeringen, vilket omfattar personal, fordon, service och underhåll. Detta utgör grund för *ekonomimodellen* som också omfattar beräkning av förändrat konsumentöverskott (trafikanntnytta) och hänsyn till externa effekter. Ekonomimodellen ger möjlighet att beräkna både samhällsekonomiska och

företagsekonomiska kostnader. *Optimeringsmodellen* slutligen ska underlätta analys av olika förändringar i utbudet och optimering av detta med hänsyn till givna ekonomiska mål. För närvarande kan olika lösningar prövas, men ingen optimering sker.

6 Exempel på möjliga analyser

I detta avsnitt ges ett urval på analyser som skall kunna genomföras.

Tidtabell

Hur ska trafikupplägget se ut för en ny planerad linje? En frågeställning som vi förväntas besvara är t.ex. hur avgångar bäst skall förläggas i tiden vid olika efterfrågevariationer och linjetyper (linjelängd, avstånd mellan uppehåll, resandeunderlag och resärenden etc). För att besvara den frågan så måste vi beakta resenärernas önskade avresetidpunkter i orter utmed hela linjen. Andra frågeställningar som skulle kunna analyseras är hur *styva tidtabeller* påverkar attraktiviteten i utbudet samt jämförelse mellan *direkttåg* och *bytesrelationer*.

Fordon, komfort och service

Vilka tågkoncept skall införskaffas till den nya linjen? I nuläget är 10 olika typtåg specificerade. Alla dessa fordon kan inredas i 3 komfortnivåer och utrustas med service av 3 nivåer. Varje kombination av fordon, service och komfort (bildar ett tågkoncept) har olika egenskaper och uppfattas följaktligen olika av resenärerna. Ställer man intäktsidan (antal resande, personkm, intäkter) mot de kostnader som är förknippade med varje tågkoncept (fordons- och driftskostnader) kan attraktiviteten hos dessa beräknas.

Biljettpriser

Hur skall prissättningen se ut för det nya tågkonceptet ? I nuläget tillämpas i modellen en konstant kilometer taxa. Meningen är dock att prissättningen skall kunna differentieras på olika sätt. Det kan vara önskvärt att använda olika prisnivåer på olika tågkoncept för att få "rätt" passagerare ombord på tåget. Om vi t.ex. erbjuder en väldigt dyr och fin produkt så vill vi få tillbaks en del av konsumentöverskottet genom att höja priserna. Ur samhällsekonomisk synvinkel så är det bäst att de personer med de högsta tidsvärdena hamnar på de snabbaste tågen. En annan anledning till att differentiera priserna är för att få en utjämnad belastning mellan låg och högtrafik och jämnare linjebelastningar. Möjligheter finns att studera *differentierad prissättning* mellan *tågkoncept*, *tider* och *relationer*.

Dimensioneringsprinciper

Hur skall sittplatsutbudet betäckas för den nya trafiken? En idé är att dimensionera så att sittplatstillgången garanteras under hela trafikdygnet. En annan idé är att underdimensionera

för att spara på vagnmateriel. Det kan då bli nödvändigt att låta en del resenärer stå kortare sträckor. Detta kan innebära ståplatser på pendlingssträckor upp till 20 min från målorten under rusningstid samt 110% beläggning på mest belastade sträckor utanför 20 min-zonen. Hur påverkas resultatet när en del resenärer tvingas stå alternativt inte får följa med tåget. Vad är optimal beläggning vid lokal, regional och interregional trafik? Dessa analyser måste göras med antaganden om hur resenärerna reagerar vid överbelastning (ståplats) respektive risk att inte komma med sitt tåg.

7 Utvecklingsmöjligheter

Modellen är i dagens läge en prototyp och långt ifrån färdigutvecklad. Återstår gör bl a att validera de olika delmodellerna. Detta kräver dataunderlag i form av resanderäkningar verklig trafik som f.n. håller på att samlas in. En av de viktiga frågorna rörande trafikeringen gäller hur resenärerna anpassar sig till tidtabellen. En SP* undersökning har genomförts kring detta ämne under hösten 1996 och resultaten kommer att användas i *tågvalsmodellen* för att fördela resenärerna mellan olika avgångar. En begränsning är i nuläget att endast genomsnittsresenärer behandlas vilket motiveras av komplexiteten av modellen. En självklar förbättring av modellen är uppdelning i tjänste- och privatresenärer. En intressant frågeställning är eventuella efterfrågeeffekter vid höga belägningsgrader. Frågan är alltså huruvida operatören förlorar endast den aktuella resan eller många resor när resenären måste stå eller inte får plats på tåget. Beställarnas och operatörernas uppfattningar om detta skall undersökas.

Dimensioneringsmodellen är för närvarande relativt enkel, men ansluter till praxis. I det fortsatta projektet planeras att utveckla dimensioneringsprinciper som tar hänsyn företagsekonomiska kostnader och resenärernas uppfattningar. Även kostnadsmodellen behöver utvecklas, så att känsligheten för aktuella förändringar av utbudet blir helt realistiskt. I samband med utveckling av kostnadsmodellen ska undersökas om hänsyn till operativa begränsningar t ex kopplingstider, vändtider, tid för service och underhåll bör förbättras. En intressant tanke är också utveckla optimeringsalgoritmer för hela tågkonceptet. För närvarande kan olika lösningar prövas, men ingen optimering sker. När grundmodellen är tillräckligt validerad finns också behov av att studera hur modellen kan införas i det nationella prognosystemet och hur hänsyn därvid ska tas till näteffekter mellan samverkande och konkurrerande tåglinjer.

* SP betyder Stated Preferences och är en metod som används för kartlägga både människors värderingar av olika faktorer och hur de kommer att välja när de står inför olika valsituationer. Metoden innebär att resenärer i intervjuer får ta ställning till ett antal olika hypotetiska alternativ, och på olika sätt betygsätta dessa alternativ (State-their-preferences). Genom en statistisk analysmetod är det sedan möjligt att räkna ut hur resenärerna värderar olika förändringar.